

EFEITO POSITIVO NO DESENVOLVIMENTO INICIAL DE *Urochloa Brizantha* CULTIVAR PIATÃ INOCULADA COM BACTÉRIAS DIAZOTRÓFICAS

*Positive effect on the initial development of Urochloa brizantha cultivate
piatã inoculated with diazotrophic bacteria*

Murienne Paula Cabral Nunes

Universidade Estadual de Goiás - UEG

Lorena Cristina da Mata

Universidade Estadual de Goiás - UEG

Milanna Paula Cabral Nunes

Universidade Estadual de Goiás - UEG

Tais Almeida Ferreira

Universidade Estadual de Goiás - UEG

Karina F. d'Eça N. S. dos Reis

Universidade Estadual de Goiás - UEG

Plínio Lázaro Faleiro Naves

Universidade Estadual de Goiás - UEG

Alliny das Graças Amaral

Universidade Estadual de Goiás - UEG

RESUMO

A produção de carne no país é baseada na alimentação dos bovinos a pasto e por este motivo é crescente o interesse por novas alternativas que potencializam a produtividade das gramíneas, como por exemplo a utilização de bioinsumos formulados a partir de bactérias promotoras de crescimento. O objetivo da pesquisa foi avaliar a influência da inoculação com as estirpes *Azospirillum brasilense* (AbV-5 e HM053), *Azospirillum sp.* (L40), *Azospirillum lipoferum* (Sp59) e *Herbaspirillum seropedicae* (SmR1) no desenvolvimento inicial da gramínea forrageira de *Urochloa brizantha* BRS Piatã. Para isto foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado (DIC) com 6 tratamentos, cinco bactérias e o controle não inoculado, com três repetições. Os parâmetros avaliados foram: comprimento de raiz (cm); comprimento de parte aérea (cm); raiz secundária (unidade); massa da raiz fresca (mg); massa da raiz seca (mg); massa da parte aérea fresca (mg) e massa da parte aérea seca (mg). As bactérias que apresentaram melhores resultados como inoculantes de *Urochloa brizantha* BRS Piatã foram *Herbaspirillum seropedicae* (SmR1), *Azospirillum brasilense* (HM053) e *Azospirillum lipoferum* (Sp59). Nossos resultados indicaram que estudos

complementares devem ser realizados para confirmar a potencialidade desses isolados como promotores de crescimento de forrageiras no campo.

Palavras-chave: Fixação Biológica de Nitrogênio; Bactérias Diazotróficas; Gramíneas Forrageiras

ABSTRACT

The meat production in the country is based on cattle feeding on pasture and for this reason there is growing interest in new alternatives that enhance the productivity of grasses, such as the use of bio-inputs formulated from growth promoting bacteria. The research goal was to evaluate the influence of inoculation with *Azospirillum brasilense* strains (AbV-5 and HM053), *Azospirillum* sp. (L40), *Azospirillum lipoferum* (Sp59) and *Herbaspirillum seropedicae* (SmR1) in the initial development of the forage grass *Urochloa brizantha* BRS Piatã. For this, a completely randomized design was used, with 6 treatments, five bacteria and the control (without inoculation), with three replications. The parameters evaluated were: root length (cm); aerial part length (cm); secondary root (unit); fresh root mass (mg); dry root mass (mg); mass of fresh aerial part (mg) and mass of dry aerial part (mg). The bacteria that showed the best results for *Urochloa brizantha* cv. Piatã were *Herbaspirillum seropedicae* (SmR1), *Azospirillum brasilense* (HM053) and *Azospirillum lipoferum* (Sp59). Our results indicated that complementary studies should be carried out to confirm the potential of these isolates as forage growth promoters in the field.

Keywords: Biological Nitrogen Fixation; Diazotrophic Bacteria; Forage Grasses

INTRODUÇÃO

A produção de carne no país é baseada na alimentação dos bovinos a pasto e por este motivo, tem aumentado o interesse por novas alternativas que potencializam a produtividade das gramíneas, como por exemplo, a utilização de inoculantes contendo bactérias promotoras de crescimento vegetal (BPCV). Os altos custos dos fertilizantes químicos e a demanda crescente por uma agricultura sustentável, são as principais razões pela busca de alternativas viáveis e com menor emissão de poluentes ao meio ambiente, como o uso de bioinsumos *on farm* (GUIMARÃES *et al.*, 2011; HUNGRIA, 2011; DIAS-FILHO, 2014).

A alimentação dos bovinos ocupa áreas extensas e em sua grande maioria é à base de gramíneas tropicais, dentre elas os gêneros que mais se destacam: *Urochloa* e *Panicum* (GUIMARÃES *et al.*, 2011). O sistema produtivo tradicional é baseado na utilização de grandes volumes de fertilizantes químicos para obtenção de produtividades altas (HUNGRIA, 2011). A utilização de inoculantes bacterianos consiste em uma alternativa viável para o incremento de produtividade com redução de custos (VILELA, 2018).

As BPCV caracterizam-se por serem micro-organismos capazes de proporcionar a colonização da superfície das raízes e por consequência

estimular o crescimento vegetal e desenvolvimento das plantas por mecanismos diretos e indiretos. Na promoção de crescimento direto, as BPCV favorecem a planta hospedeira com compostos que facilitam a absorção de nutrientes, solubilizar fósforo, produzir sideróforos que vem a solubilizar e sequestrar ferro, sintetizam hormônios, como auxinas, citocininas e giberelinas, melhoram os estágios de crescimento ou sintetizam enzimas que modulam o crescimento e desenvolvimento das plantas, além da fixação biológica de nitrogênio (FBN) (LUCY *et al.*, 2004; GRAY E SMITH, 2005; HUNGRIA, 2011, GLICK, 2012; ETESAMI e MAHESHWARI, 2018).

Já na promoção indireta as BPCV reduzem a infestação de patógenos por meio da indução de resistência sistêmica, podendo reduzir as comunidades de micro-organismos fitotóxicos (KLOEPPER, 1993; NIRANJAN *et al.*, 2006; VAN LOON, 2007; ETESAMI e MAHESHWARI, 2018).

As BPCV podem proporcionar modificações produtivas nas culturas, por meio da produção de hormônios que por sua vez auxiliam na morfologia radicular, facilitando a maior captação de diferentes extratos férteis presentes no solo (PARREIRA *et al.*, 2015).

As bactérias que habitam o solo e que são frequentemente encontradas nas práticas de coleta e isolamento, sendo utilizadas como potencial bioinsumo para inoculação pertencem aos gêneros: *Pseudomonas*, *Azospirillum*, *Herbaspirillum* e *Rhizobium*. Além de auxiliar nos processos de germinação das sementes, crescimento e desenvolvimento das plantas é possível observar a influência desses gêneros no controle biológico de micro-organismos patogênicos (ARAÚJO *et al.*, 2012).

As interações entre bactérias e plantas são determinantes para a saúde das plantas e para a fertilidade do solo (CHANDRA *et al.*, 2018) e são amplamente estudadas visando determinar quais estirpes são viáveis e seus efeitos benéficos no solo e na produtividade das culturas (RAMAKRISHNA *et al.*, 2019).

Nesse contexto, o objetivo da pesquisa foi avaliar a influência da inoculação das estirpes *Azospirillum brasilense* (AbV-5 e HM053), *Azospirillum sp.* (L40), *Azospirillum lipoferum* (Sp59) e *Herbaspirillum seropedicae* (SmR1) no desenvolvimento inicial das gramíneas forrageiras *Urochloa brizantha* cv Piatã.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Laboratório de Bioensaios da Universidade Estadual de Goiás - Campus Central de Ciências Exatas e Tecnológicas Henrique Santillo no município de Anápolis/GO. As sementes das gramíneas foram obtidas por doação de lotes comerciais e foram separadas manualmente das sujidades para obtenção de sementes puras.

As bactérias utilizadas foram: o isolado *Azospirillum sp.* L40, pertencente ao banco de micro-organismos do Laboratório de Bioensaios, a estirpe comercial *Azospirillum brasilense* Abv-5, o *Azospirillum brasilense* HM053, o *Herbaspirillum seropedicae* SmR1 e *Azospirillum lipoferum* Sp59, que foram gentilmente cedidas pela Universidade Federal

do Paraná. A estirpe HM053 é um mutante espontâneo capaz de fixar nitrogênio constitutivamente e secretá-lo na forma de amônio (Machado *et al.*, 1991).

Os experimentos foram realizados em Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC). Para *Urochloa brizantha* cv. Piatã foram 6 tratamentos, sendo cinco bactérias e o controle (sem bactéria), com três repetições.

Preparo das sementes

As sementes foram desinfetadas através da imersão em 50 mL de álcool 70% durante 5 minutos, seguidas de enxágue em água destilada, imersas em 50 ml de hipoclorito de sódio a 6% e Tween a 0,1%. Após 30 minutos foram lavadas em água destilada por 10 vezes e imersas em 50 ml de água destilada com 12,5 microlitros do fungicida vitavax, cujo grupo químico é carboxanilida (Carboxina) e Dimetilditioicarbamato (Tiram), durante 24 horas.

Para o processo de germinação, as sementes foram colocadas em placas de Petri contendo papel filtro umedecido previamente com 4 mL de água destilada estéril, e com o auxílio de uma pinça 80 sementes foram depositadas por placas. Após esse processo, as placas foram fechadas, envolvidas em plástico filme e colocadas na estufa no escuro para germinação por dois dias a 40°C. A taxa de germinação foi de 40%.

Preparo dos inoculantes e inoculação das sementes

Todos os inoculantes foram preparados em meio NFbHP-Lactato (PEDROSA e YATES, 1984) por um período de 24 horas sob agitação (140 rpm) e a 37°C.

As sementes germinadas foram inoculadas por imersão durante 30 minutos em meio contendo 10^8 células. O controle foi imerso em água destilada estéril durante o mesmo período. Após inoculadas 15 sementes pré-germinadas foram dispostas de forma equidistante em papel Germitest, em seguida foram feitos rolos com este papel e colocados em copos de vidro de capacidade de 300mL (como um suporte). Toda a montagem do sistema de cultivo das plântulas foi feita em condições estéreis. Em seguida, os rolos (acondicionados em sacos plásticos estéreis) foram posicionados verticalmente na incubadora BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) durante 7 dias a 32°C, sendo 16 horas de luz e 8 horas de escuro.

Avaliação fenotípica das plântulas

As plantas inoculadas e as plantas controle foram avaliadas a partir do comprimento total, massa fresca e seca, da raiz e parte aérea.

O comprimento da raiz e parte aérea foi determinado por meio de régua graduada e os resultados expressos em centímetros. Foi mensurado as raízes secundárias, por meio de contagem, considerando todas as raízes exceto a primária, os resultados foram expressos em unidade.

A massa fresca e seca da raiz e parte aérea foi determinada em balança analítica e os resultados foram expressos em miligrama (mg). Para determinação da massa seca a raiz e a parte aérea foram acondicionadas em sacos de papel kraft separadamente e submetidas à secagem em estufa a 65°C por 48 horas, os resultados foram expressos em mg/raízes seca e mg/parte aérea seca para a análise estatística de dados.

Os dados obtidos foram testados quanto à homocedasticidade, utilizando o teste de Levene, e quanto à normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk. Mediante isto, foram submetidos à análise de variância ($p < 0,05$) e, quando significativos, foi realizado teste Tukey a 5% de probabilidade. Para as análises estatísticas foi utilizado o Software SISVAR 5.6. e R 3.5.3 (FERREIRA, 2014; R CORE TEAM, 2019).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao avaliar a eficiência das bactérias diazotróficas em *Urochloa brizantha* cv. Piatã houve diferença significativa para as variáveis massa seca da parte aérea (MSPA), massa fresca de raiz (MFR), massa seca de raiz (MSR) e no número de raízes secundárias (RS) (Tabela 1). Não apresentando diferença estatística significativa para comprimento de raiz, parte aérea (cm) e massa fresca da parte aérea, sendo assim, não foi realizado teste de comparação de médias.

A partir dos resultados de MSPA nota-se que as bactérias *Azospirillum brasilense* (HM053) e *Herbaspirillum seropedicae* (SmR1) foram as mais responsivas em *Urochloa brizantha* cv. Piatã, sendo a HM053 a que apresentou menor desvio padrão, e se comparado ao controle obteve um incremento de 31,39% para a massa seca da parte aérea.

Nesse estudo não houve influência de demais micro-organismos, consequentemente o efeito observado é inerente ao sistema montado entre bactéria e semente de cada gramínea em questão, sem influência da microbiota do solo, por exemplo.

O aumento da MSPA no tratamento HM053, pode estar relacionado não somente com a FBN, mas também com a produção de fitormônios promovendo o crescimento vegetal através do aumento da capacidade de absorção de água e demais nutrientes. Além disso, plantas de milho inoculadas com a HM053 foram capazes de captar mais manganês, havendo um aumento da concentração deste nutriente nas folhas, o que levou a um aumento proporcional na concentração de clorofila (HOUSH *et al.*, 2022).

De acordo com os relatos de Dartora *et al.* (2013), ao avaliarem gramíneas inoculadas com a espécie *A. brasilense* observaram melhor desenvolvimento das plantas comparado ao controle, em que as plantas inoculadas obtiveram maior quantidade de matéria seca de parte aérea e maior produtividade. A bactéria HM053, inoculada em trigo, proporcionou aumento significativo de 30% e 49% da MSR e MSPA, respectivamente, quando comparado ao controle (SANTOS *et al.*, 2017).

Assim, como foi observado uma resposta positiva desta estirpe a planta modelo *Setaria viridis* (uma gramínea C4), no qual se comprovou

que o N constitutivamente fixado pela HM053 era incorporado pela planta, o que pode estar diretamente associado ao melhor desempenho da HM053 como BPCV comparado às demais estirpes avaliadas (PANKIEVICZ et al., 2015).

Chaves (2015) ao avaliar o efeito de bactérias diazotróficas no desenvolvimento inicial de cana-de-açúcar, concluiu que a resposta das inoculações de *Herbaspirillum seropedicae* individual ou em conjuntos com outras bactérias, proporcionou resultado superior na produção de massa seca de parte aérea. Fatos em consonância com o presente trabalho. De acordo com Brito (2019) sementes de milho inoculadas com *A. brasilense* apresentaram plântulas com maior diâmetro de colmo, massa seca foliar e volume de raiz.

Já para a MFR o tratamento sem inoculação obteve as maiores médias, seguido da *Azospirillum lipoferum* (Sp59), *Herbaspirillum seropedicae* (SmR1), entretanto, o tratamento controle apresentou alto desvio padrão, o que evidencia a grande variação da massa de raiz, ou seja, ele não obteve padrão entre as médias das plântulas (Tabela 1).

Ao avaliar a massa seca da raiz (MSR) nota-se que o tratamento *Herbaspirillum seropedicae* (SmR1) apresentou melhores resultados. Segundo Neiverth et al. (2014) o *Herbaspirillum seropedicae*, usado na cultura do trigo, apresentou resultados positivos no peso de raízes, entretanto, apenas alguns genótipos foram responsivos, o que justifica que o genótipo da planta é um fator chave na obtenção dos benefícios de bactérias endofíticas (REIS JUNIOR et al., 2000).

Uma variável extremamente importante quando se avalia a inoculação de plântulas é o estímulo de produção de raízes secundárias. No presente trabalho as plântulas inoculadas com as bactérias *Azospirillum brasilense* (HM053) e *Azospirillum lipoferum* (Sp59) apresentaram maior número de raízes secundárias, demonstrando desenvolvimento satisfatório. Nota-se que ambas apresentaram incremento de mais de 30% de raízes secundárias se comparado com o tratamento sem inoculação.

De acordo com Rozier (2019) a inoculação de *A. lipoferum* em sementes de milho proporcionou melhor desenvolvimento das raízes, com maior número de raízes secundárias. Dado este semelhante ao presente trabalho (Tabela 1).

É sabido que o *Azospirillum* atua induzindo diferenças morfológicas nos pêlos das raízes, tais mudanças são respostas das plantas aos metabólitos bacterianos, indicando a relação positiva entre a planta e o *Azospirillum*, o que o torna uma espécie promissora como biofertilizante (EGORENKOVA et al., 2000, SIGIDA et al., 2019). O aumento de 30% é um valor satisfatório ao pensar em reproduzir o uso desse biofertilizante a campo em culturas comerciais, além de gramíneas forrageiras como no estudo apresentado. Além disso, está em voga a busca por fontes alternativas de aumento de produtividade e redução de custos de produção aliado à sustentabilidade, sendo assim os biofertilizantes são uma solução para esta busca, podendo reduzir e/ou substituir os fertilizantes químicos por insumos *eco-friendly* com melhor benefício/custo para o produtor.

Tabela 1 - Efeito da inoculação de plântulas por bactérias diazotróficas na massa seca de parte aérea (MSPA), massa fresca de raiz (MFR), massa seca de raiz (MSR) e raiz secundária (RS) de capim *Urochloa brizantha* cv. Piatã. Os dados representam médias $\pm$ desvio padrão. Médias seguidas de letras maiúsculas diferem estatisticamente, sendo A o maior valor no parâmetro avaliado e B o menor, segundo o teste Tukey a 5% de probabilidade.

Bactérias	MSPA (mg)		MFR (mg)		MSR (mg)		Nºde RS (und)	
<i>A. brasilense</i> (AbV-5)	3,26 $\pm$ 0,80	ab	18,03 $\pm$ 2,37	Ab	6,22 $\pm$ 0,24	ab	23,77 $\pm$ 13,06	ab
<i>A. brasilense</i> (HM053)	4,27 $\pm$ 0,20	a	12,68 $\pm$ 1,41	B	6,04 $\pm$ 0,27	ab	40,28 $\pm$ 7,54	a
<i>Azospirillum</i> sp. (L40)	4,08 $\pm$ 0,30	ab	12,74 $\pm$ 0,94	B	5,47 $\pm$ 0,03	b	14,95 $\pm$ 3,14	c
<i>A. lipoferum</i> (Sp59)	3,73 $\pm$ 0,32	ab	19,09 $\pm$ 1,73	A	6,12 $\pm$ 0,34	ab	37,10 $\pm$ 3,35	a
<i>H. seropedicae</i> (SmR1)	4,24 $\pm$ 0,50	a	18,98 $\pm$ 1,49	A	7,03 $\pm$ 0,57	a	31,99 $\pm$ 3,27	ab
Controle não inoculado	2,93 $\pm$ 0,30	b	19,42 $\pm$ 4,15	A	5,75 $\pm$ 0,50	b	25,22 $\pm$ 3,50	ab
Coeficiente de variação (cv)(%)	12,06		13,51		6,14		23,30	

CONCLUSÃO

As bactérias que mais promoveram crescimento para o capim-piatã foram: *Herbaspirillum seropedicae* (SmR1), *Azospirillum brasilense* (HM053) e *Azospirillum lipoferum* (Sp59), indicando como potenciais biofertilizantes para gramíneas.

Neste trabalho foi observado os efeitos da inoculação de diferentes espécies de bactérias em sistema *in vitro* e por isso sem demais influências externas, porém no futuro é relevante testar estes tratamentos em campo para se aproximar das condições de cultivo pastoril.

REFERÊNCIAS

ARAUJO, Fabio Fernando de; GUABERTO, Luciana Machado; SILVA, Iassanã Francisco da. Bioprospecção de rizobactérias promotoras de crescimento em *Brachiaria brizantha*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, p. 521-527, 2012. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982012000300007>

BRITO, T.S. **Métodos de inoculação de *Azospirillum brasilense* e sua influência na promoção de crescimento do milho**. 2019. 78 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Paraná, 2019. <https://tede.unioeste.br/handle/tede/4278>

CHANDRA, Dinesh et al. Plant growth promoting bacteria: a gateway to sustainable agriculture. In: **Microbial biotechnology in environmental monitoring and cleanup**. IGI Global, 2018. p. 318-338. <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-3126-5.ch020>

CHAVES, Valfredo Almeida et al. Initial development of two sugarcane varieties inoculated with diazotrophic bacteria. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, p. 1595-1602, 2015. <https://doi.org/10.1590/01000683rbcs20151144>

DARTORA, Janaína et al. Influência do tratamento de sementes no desenvolvimento inicial de plântulas de milho e trigo inoculadas com *Azospirillum brasilense*. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 12, n. 3, p. 175-181, 2013. <https://doi.org/10.18188/sap.v12i3.5809>

DIAS-FILHO, M. B. Diagnóstico das pastagens no Brasil. **Embrapa Amazônia Oriental-Documentos** (INFOTECA-E), 2014. <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/986147>

EGORENKOVA, I. V. et al. Investigation of the initial stages of interaction of the bacterium *Azospirillum brasilense* with wheat

seedling roots: Adsorption and root hair deformation. **Microbiology**, v. 69, p. 103-108, 2000. <https://doi.org/10.1007/BF02757265>

ETESAMI, H.; MAHESHWARI, D.K. Use of plant growth promoting rhizobacteria (PGPRs) with múltipla plant growth promotig traits in stress agriculture: action mechanisms and future prospects. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v.156, n.1, p.225-246, 2018.<https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.03.013>

FERREIRA, D.F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, v.38, n.2, p.109-112, 2014. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542014000200001>

GLICK, B.R. Plant growth-promoting bacteria: mechanisms and Applications. **Scientifica**, v.1, n.1, p.1-15, 2012.<https://doi.org/10.6064/2012/963401>

GRAY, E.J.; SMITH, D.L. Intracellular an extracellular PGPR: commonalities and distinctions in the plant-bacterium signaling processes. **Soil Biology Biochemistry**, v.37, n.1, p.395-412, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2004.08.030>

GUIMARÃES, S.L.; BONFIM-SILVA, E.M.; POLIZEL, A.C.; CAMPOS, D.D.S. Produção de capim-marandu inoculado com *Azospirillum spp.* **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer, Goiânia**, v. 7, n. 13, p. 819-825, 2011.<https://conhecer.org.br/ojs/index.php/biosfera/article/view/4167>

HOUSH, A. B.; WALLER, S.; SOPKO, S.; POWELL, A.; BENOIT, M.; WILDER, S. L.; GUTHRIE, J.; SCHUELLER, M. J.; FERRIERI, R. A. *Azospirillum brasilense* Bacteria Promotes Mn²⁺ Uptake in Maize with Benefits to Leaf Photosynthesis. **Microorganisms**, 10(7). <https://doi.org/10.3390/microorganisms10071290>, 2022.

HUNGRIA, M. Inoculação com *Azospirillum brasilense*: Inovação em rendimento a baixo custo. **Embrapa Soja-Documentos (INFOTECA-E)**, 2011.<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/879471>

KLOEPPER, J.W.E. Plant-growth-promoting rhizobacteria as biological control agents. In: METTING, F.B. (Ed.) **Soil microbial ecology: Applications in Agricultural an environmental management**. New York: Marcel Dekker Inc, 1993, p.255-273.

LUCY, M.; REED, E.; GLICK, B.R. Applications of free living plant growth-promoting rhizobacteria. **Antonie Leeuwenhoek**, v.86, n.1, p.1-25, 2004.DOI:<https://doi.org/10.1023/B:ANTO.0000024903.10757.6e>

MACHADO, H. B.; FUNAYAMA, S.; RIGO, L. U.; PEDROSA, F. O. Excretion of ammonium by *Azospirillum brasilense* mutants resistant to ethylenediamine. *Canadian Journal of Microbiology*, 37(7), 549-553. <https://doi.org/10.1139/m91-092>, 1991.

NEIVERTH, A.; DELAI, S.; GARCIA, D.M.; SAATKAMP, K.; SOUZA, E.M.; PEDROSA, F.O.; GUIMARAES, F.; SANTOS, M.F.; VENDRUSCOLO, E.C.G.; COSTA, A.C.T. Performance of different wheat genotypes inoculated with the plant growth promoting bacterium *Herbaspirillum seropedicae*. **European Journal of Soil Biology**, v.64, n.1, p.1-5, 2014.<https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2014.07.001>Get rights and content

NIRANJAN RAJ, S.; SHETTY, H. S.; REDDY, M. S. Plant growth promoting rhizobacteria: potential green alternative for plant productivity. **PGPR: biocontrol and biofertilization**, p. 197-216, 2006. https://doi.org/10.1007/1-4020-4152-7_7

PANKIEVICZ, V. C. S., DO AMARAL, F. P., SANTOS, K. F. D. N., AGTUCA, B., XU, Y., SCHUELLER, M. J.; ARISI, A. C. M.; STEFFENS, M. B. R.; DE SOUZA, E. M.; PEDROSA, F. O.; STACEY, G.; FERRIERI, R. A. Robust biological nitrogen fixation in a model grass-bacterial association. *Plant Journal*, 81(6). <https://doi.org/10.1111/tpj.12777>, 2015.

PARREIRA, L.H.; MARTINS, M.E.; RIBEIRO, M.M.; SENA JR, J.M. Efeito da bactéria *Azospirillum brasilense* na adubação química e orgânica em pastagens constituídas de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. **Enciclopédia Biosfera**, v. 11, n. 21, p. 838, 2015.<https://conhecer.org.br/ojs/index.php/biosfera/article/view/1801>

PEDROSA, F. O.; YATES, M. G. (1984). Regulation of nitrogen fixation (nif) genes of *Azospirillum brasilense* by nifA and ntr (gln) type gene products. *FEMS Microbiology Letters*, 23(1), 95-101. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6968.1984.tb01042.x>, 1984.

R Core Team. **R: A Language and environment for statistical computing**. R foundation for statistical computing, Vienna, Austria, 2019.

REIS JUNIOR, F.B.D.; REIS, V.M.; URQUIAGA, S.; DOBEREINER, J. Influence of nitrogen fertilisation on the population of diazotrophic bacteria *Herbaspirillum spp.* and *Acetobacter diazotrophicus* in sugar cane (*Saccharum spa.*). **Plant and Soil**, v.219, n.1, p.153-159, 2000. <https://doi.org/10.1023/A:1004732500983>

RMAKRISHNA, W.; YADAV, R.; LI, K. Plant growth promoting bacteria in agriculture: Two sides of a coin. **Applied Soil Ecology**, v.138, n.1, p.10-18, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2019.02.019>

ROZIER, C.; GERIN, F.; CZARNES, S.; LEGENDRE, L. Biopriming of maize germination by the plant growth-promoting rhizobacterium *Azospirillum lipoferum* CRT1. **Journal of Plant Physiology**, v.237, n.1, p.111-119, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2019.04.011>

SANTOS, K. F. D. N. et al. Wheat colonization by an *Azospirillum brasilense* ammonium-excreting strain reveals upregulation of nitrogenase and superior plant growth promotion. **Plant and Soil**, v. 415, p. 245-255, 2017. <https://doi.org/10.1007/s11104-016-3140-6>

SIGIDA, E.N.; FEDONENKO, Y.P.; SHASHKOV, A.S.; TOUKACH, P.V.; SHELUD`KO, E.L.; ZDOROVENKO, Y.A.; KNIREL, Y.A.; KONNOVA, S.A. Structural studies of O-specific polysaccharide(s) and biological activity toward plants of the lipopolysaccharide from *Azospirillum brasilense* SR8. **International Journal of Biological Macromolecules**, v.126, n.1, p.246-253, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.12.229>

VAN LOON, L.C. Plant response to plant growth-promoting rhizobacteria. **European Journal of Plant Pathology**, v.119, n.1, p.243-254, 2007. <https://doi.org/10.1007/s10658-007-9165-1>

VILLELA, P.M. Interação da adubação nitrogenada e *Azospirillum brasilense* em Siqueira de cana-de-açúcar. 2018. 77 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2018. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/74/74131/tde-12022019-111045/en.php>

AGRADECIMENTOS

Agradecemos o financiamento oriundo da Universidade Estadual de Goiás/Plataforma Institucional de Pesquisa e Inovação em Bioinsumos, para a realização dessa pesquisa.

Contato dos autores:

Autora: Murienne Paula Cabral Nunes
E-mail: muriennenunes@icloud.com

Autora: Lorena Cristina da Mata
E-mail: damatalc@gmail.com

Autora: Milanna Paula Cabral Nunes
E-mail: milannanunes@icloud.com

Autora: Tais Almeida Ferreira
E-mail: tais.almeida@ueg.br

Autora: Karina F. d'Eça N. S. dos Reis
E-mail: kabiomol@gmail.com

Autor: Plínio Lázaro Faleiro Naves
E-mail: plinionaves@ueg.br

Autora: Alliny das Graças Amaral
E-mail: alliny.amaral@ueg.br

Manuscrito aprovado para publicação em: 10/12/2024